

新幹線による地盤振動と低周波空気振動について

立命館大学理工学部 正員 早川 清
立命館大学理工学部 正員 島山直隆

1. まえがき：新幹線は高速かつ大量の輸送機関の代表として社会生活に多大の利益を与えているが、一方で走行頻度の増加、スピードアップ等に併ない列車の走行時に発生する振動が騒音と合わせて大きな環境問題となっている。また最近では人間の可聴域以下の低周波空気振動が人体に与える影響もクローズアップされている。このような新幹線による地盤振動×空気振動の発生機構は未だ十分に解明されておらないようである。一般に新幹線ではトンネル部で空気振動が発生しやすいとされているが、ここには高架区間一ヶ所で行なった実測結果について報告することにした。

2. 測定方法及び解析方法：実測には路線の両側が高地であり、建物などによる反射等の影響をなるべく除けるような場所を選定した。測定位置は地盤振動、空気振動ともに床版直下、橋脚近傍および橋軸直角方向の地面上（2点）の合計4点とし、低周波の測定には市販のマイクをいすくも地面上1.2mの高さに設置した。地盤振動の測定は振動レベル計を使用し、主として鉛直方向成分の実測を行なうと共に、上り線側の橋脚振動をサーボ型加速度計を使用して実測した。これらの信号はデータレコーダに磁気録音するものとした。

地盤振動、空気振動ともに録音記録をレベルレコーダに再生しオーバーオールレベルを求めた。また1/3オクターブバンド周波数分析器によりそれぞれ上・下線3本づつの記録について分析した。これと同時にシグナルプロセッサを使用し、代表的な記録について、パワースペクトルの演算を行なった。これらの解析の上限周波数は100 Hzとした。

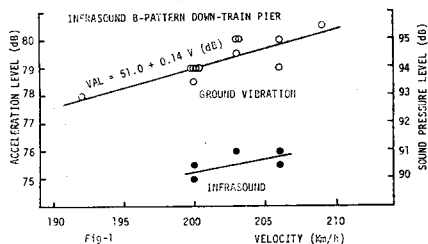


Fig-1

3. 結果及び考察：(i) 列車速度との相関について；Fig-1に下り列車について、橋脚近傍における振動加速度レベル、音圧レベルと列車速度との関係を示した。列車速度の分布が約20 Km/hと少し狭いが、橋脚付近の加速度レベルは図中に示した列車速度との関係式で表わすか、速度が10 Km/h増加すると1.4 dB（上りでは1.5 dB）大きくなる。図示していないが、この傾向は距離が大きくなるとみよくなる。一方、空気振動の音圧レベルはデータ数が少なく不明確であるが、

列車速度の上昇に伴いわずかながらはあるがレベルが増加している。

(ii) 距離減衰について；Fig-2には地盤振動の距離減衰を示したが、上り側通過では橋脚を点加振源とした様なる-6 dB/2dの減衰特性を示

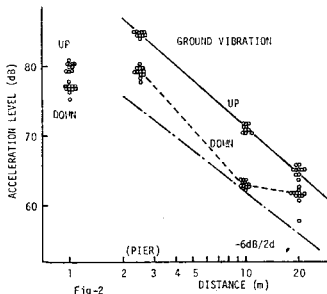


Fig-2

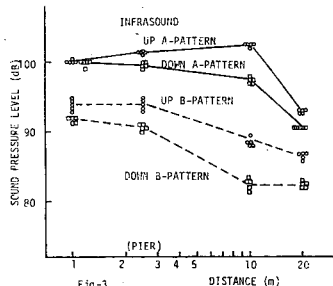


Fig-3

すが、下り通過の場合は10m地点で他の橋脚の影響のため前述の傾向と少し異なっている。空気振動の減衰を示す図中のAパターンは測定点を列車先頭部が通過する時のレベル急上昇部のものであり、Bパターンは列車中央部の通過に対応するものである。Aパターンの上り列車では構造物よりも外部の方がレベルが上昇しており、これが防音壁（この区間は高さ約1.5m）の影響によるものかどうかは不明である。

Bパターンの減衰傾向は地盤振動に見られたものと類似しているが、減衰量は $-2\text{dB}/2\text{d}$ 程度である。床版直下から高架橋外部へ向けてのレベル増加は列車通過による風圧変動の影響によるものと推測される。(iii) 1/3オクターブ周波数分析結果について；Fig-4の橋脚近傍における地盤振動の分析結果より、

63Hz、20Hz付近に周波数の卓越が見られる。また6.3Hzに小さなピークがある。列車による振動のスペクトルは振動の伝達経路が車輪→レール→枕木→(道床)→(路盤)→橋脚→地盤と多様であり、単純ではないが、60Hz付近の周波数は高架橋の構造特性によるものと思われる。20Hz付近の卓越周波数は列車の車軸配置より誘起されたものと推定される。空気振動では床版直下において25Hzおよび50Hz付近が卓越し、2Hz付近にもピークがあるが、これは列車通過時の風圧によるものと思われる。20Hz付近のピークは地盤振動と同じく車両の軸配置による強制振動が誘起されたものと思われる。(iv) パワースペクトル分析結果について；Fig-5は床版直下の空気振動のパワースペクトル、原波形、逆フーリエ変換波形を示した一例である。卓越周波数成分は40数Hzおよび20数Hzであるが、10m、20m地点のスペクトルには66Hzが最も卓越し、20数Hzと40~50Hzにもピークが生じている。また地盤振動の分析結果によれば、床版直下、橋脚など橋体近傍では70Hz前後の周波数が卓越し、20Hzと50Hz付近にも小さなピークがある。しかし、少し距離を隔てると高周波成分は減衰し、15~20Hzの周波数が卓越している。これは車軸配置により起因した周波数を推量される。

4. まとめ：列車速度と地盤の振動加速度レベルは構造物の近傍では、速度増加に伴ってレベルが増大し、10km/hの速度増加により約1.5dB程度大きくなる。距離が遠くなるとこの傾向は見られなくなる。低周波空気振動ではデータ数が少なく、両者の関係はよくわからない。周波数スペクトルの卓越成分は、構造物近傍では車両の軸配置により誘起される20Hz付近の周波数に地盤振動、空気振動に共通して現れている。橋脚では66Hzの周波数が卓越しており、この振動数成分が地盤振動に伝達される。この振動数は低周波空気振動では橋体内では存在せず、この点については検討中である。両者の発生機構については不明確であり、さらに検討を行いたいと考えている。

